

KANSAI GAIDAI UNIVERSITY

被虐待児における海馬の萎縮とニューロン新生にむけて : 脳と教育

著者	柏原 恵龍
雑誌名	研究論集
巻	79
ページ	111-129
発行年	2004-02
URL	http://id.nii.ac.jp/1443/00006306/

被虐待児における海馬の萎縮とニューロン新生にむけて

——脳と教育——

柏原 恵 龍

1. はじめに

今まで教育に関連して生じてきた問題はその時々深刻であったけれども、1990年代に次々に生じた問題はそれなりの対応ができないまま、より過激な事件へと広がっていった。学校では落ちこぼれ、不登校、いじめ、非行のみならず、「殺人以外は何でもあり」と言われるようになり、その後急速に先鋭化して、殺人さえも起こるに至った。一方家庭では、子供の自殺、ひきこもり、家庭内暴力、祖父母や母親殺し、そして父親が子供を殺害せざるをえない事態になった。学校や家庭におけるこれらの問題は、社会をぬきにしては考えられず、戦後の経済的、社会的変動の中で地域社会をなくし、孤立した家庭の悲劇といわれてきた。この過程で、他人の立ち入る場所ではないとされてきた家庭に社会の目が向けられるようになり、子供の引き起こす多様な問題と共に、親の子供に対する虐待、そして子殺しの記事がしばしばマスコミをにぎわすようになってきた。

児童相談所における児童虐待の処理件数は、1990年の1101件から2000年度には1万7725件と急増し、そして2000年には児童虐待防止法が施行されるに至った。90年度の虐待の数値は1101件と少ないが、子供への虐待は潜在しており、児童相談所の相談員は、子供を連れてくる母親が訴える内容はともかく、子供のやけど、怪我、骨折などの位置関係が、母親の事情説明とはそぐわぬ事例が多々あり、背後に想像を超える虐待の存在を感じていた。児童虐待は日本で公式には年間1611件しかなかったとされる1993年度に、人口が日本の半分の英国で約4万件、2倍の米国で230万件であった。

法務総合研究所(2001)の調査によれば、少年院中間期在院少年2354名中被虐待経験者は1125名であり、50%弱を占めている。被虐待体験(身体的虐待、性的虐待、ネグレクト、心理的虐待)を類型別に見ると、身体的虐待が最も多く80%を超えており、非行少年は一般少年と比

べて被虐待体験、特に身体的虐待を受けてきたものが高率を占めている。松本（2003）によると、「これらの収容少年は虐待により情緒障害を示すケースが多く、殺人、強盗、放火など重大非行を行っていることが多い。彼らは身体的虐待によって強い苦痛や恐怖感を惹起し、これらを意識的、無意識的に抑圧し、自罰的に合理化して虐待に耐えてきたが、無力感や劣等感となって長く彼らを悩ませている。思春期になり、自我の高揚と共に自分の受けた虐待の不合理性に気づき、強い敵意や攻撃感情を意識化する。重大非行はこれらの強い情動発散の形として行われ、このことによってかろうじて自我の崩壊を防いでいるのであろう」という。

2003年半ばから、北海道のチームによりある地域の子供全体をサンプルに、子供のうつ病の実態調査と早期発見の試みをする動きがあるけれども、子供のこのような症状も例外的なことではなくなってきたことを意味している。何かの原因によって動物体に引き起こされる生物学的・非特異的な緊張した状態をストレスという。緊急反応期においてストレスは個体に望ましい自律神経系、内分泌系、および行動系の変化を起こすけれども、ストレスが繰り返されたり、程度が過度であったり、個体側に脆弱性が存在すると、逆に個体に不利益な反応をもたらすようになる。子供のうつ病、気分障害、摂食障害、パニック障害など、さまざまなストレス状況の解明が期待される。

本稿の主たる目的は、まず幼少期から虐待を受け続けてきた被虐待児の心や脳へどのような影響が及んでいるのか見極めることである。そして次に、症状の改善のための可能な手がかりを考えることである。

- * なお論文題目の「被虐待児」は、発覚し、治療を受ける段階ではすでに幼児・児童期を過ぎている場合が多いけれども、幼児・児童期における被害の影響が大きいことから、被虐待児と言うことにする。

1. 外傷後ストレス障害（PTSD）

1) トラウマ

心的外傷後ストレス障害（PTSD: Post Traumatic Stress Disorder）という診断名が、精神疾患の診断・統計マニュアル（DSM-III）に採用されて20年あまり経った。これが精神医学の診断体系に採用されたのは、泥沼に陥ったベトナム戦争がきっかけであった。ベトナム帰還兵の中に心の病が目立ち、頭痛、不眠、記憶障害に悩み、犯罪やアルコール中毒に陥った帰還兵の様子から、激しい戦闘やこころの痛みによる影響を認めざるをえなかった。我国においても90年代、阪神淡路大震災や地下鉄サリン事件などの災害や犯罪の犠牲者で PTSD が問題になった。DSM-IV による PTSD 症状は、①再体験症状、②回避症状、③覚醒昂進症状の三つのグループから構成されるが、強い恐怖を伴う体験がもたらすストレスである。この三つのグループの症状が一ヶ月以上にわたって持続し、それによって主観的苦痛や生活機能・社会機能に明

らかな支障が認められた時に PTSD と診断される。これは交通事故、犯罪、家庭内暴力、性暴力、児童虐待などの被害者、学校では校内暴力やいじめなどの被害者にかかわる問題である。

2) 児童虐待

災害や事故による PTSD は、基本的には一回限りの異常な出来事が原因であり、特別な事情によって生じることが多い。しかし発達途上の子供の場合、心身の安全や安心が脅かされる虐待の中で長い年月を送ることになり、感情の調整不全や自我機能の収縮など、複雑な影響を与えることになる。人格形成の早い段階から極端なストレスにさらされると、認知レベル、情動レベル、身体レベルの障害を生み、また自己破壊的行動、摂食障害、自傷行為、薬物乱用、解離性同一性障害などの診断を受ける青年に幼い頃の心的外傷体験がみられることが多い (Herman, Perry & van der Kolk, 1989)。これらに共通して言えることは、こころが今までの認知の枠組みにその恐ろしい体験を調和させることができなくなり、意志、あるいは意識の支配から切り離される解離が多くなることである。多重人格といわれてきたこの解離性同一性障害の基本的で主たる特徴は、DSM-IVによると2つまたはそれ以上の他と区別されるはっきりした人格状態の存在で、それらが反復的にその人の行動を制御している。その人は、重要な個人的情報の想起が不能であり、普通の物忘れでは説明できないほど強い。同一性、記憶、および意識の様々な側面における統合の失敗を反映している。各々の人格状態は、別々の名前を持ち、全く別の個人として自己像、同一性を持っているかのように思われることがある。通常、その人の名前を持つ、受身的で、依存的で、罪深く、そして抑うつ的な第一の同一性が存在する。別の同一性はしばしば別の名前を持ち、第1の人格とは対照的な特徴を持っている。いわば、意識、記憶、同一性あるいは環境についての知覚といった通常統合されている機能の破綻である。

解離性同一性障害は1980年代まで PTSD に含まれていなかったが、解離についての研究が増加する中でひとつの安定した見方が現れてきた。それは心的外傷体験の瞬間に生じる解離現象が、慢性的な PTSD に進展することを予測させる唯一の重要な因子になることがわかってきて、子供の頃の深刻な心的外傷体験とそれに伴う解離障害の出現の関係が次第に明らかになってきたことである。小児期の心的外傷、中でも虐待が重要な病因であり、心的外傷を受けながら自己を維持し、生きのびてゆくために小児期から解離の機制を酷使し、その結果として交代人格を作り出したものと考えられている。解離性同一性障害は米国では年間1000名以上の報告があるが、日本では非常に稀な病である。しかし感情障害、人格障害、不安障害、統合失調症、その他の病名がつけられているものも多いと考えられている。Saxe ら (1993) は、精神科入院患者の15%が解離性同一性障害を示している、という。

2. ストレスと神経細胞死

1) PTSD と海馬の萎縮

Fig. 1. は大脳辺縁系を左前方向から見たものである。海馬や扁桃体は左右にあるけれども、図は左側だけを示している。Bremner (1999) によると、PTSD を抱えるベトナム帰還兵の患者を PTSD に罹患していない正常な統制群と比較したところ、右側海馬の体積が小さかった。Gurvitz ら (1996) は、最も激しい戦闘を体験し最重度の PTSD を示しているベトナム帰還兵を、戦闘を目撃したが症状のない帰還兵と比較したところ、左側の海馬に平均26%の縮小があり、右側では22%の縮小があった。海馬の縮小は神経細胞の消失の可能性を示唆しているが、この消失が樹状突起の萎縮の結果なのか、それとも細胞の死滅からくるのか、今のところ不明である。Bremner ら (1995) の研究対象となった帰還兵を、年齢および学歴が同程度の健康な人と比べると、言語性記憶検査で40%程度低い結果を示した。これは海馬が PTSD で萎縮したためと考えられるが、逆に海馬が小さいから PTSD 症状を示すようになったとも考えられる。しかし現在の段階で最も妥当性の高い説明は、海馬に対して有害な作用を及ぼすと思われるコルチゾン（一般名はグルコルチコイド：脊椎動物の副腎皮質で精製されるステロイドホルモン、主に糖質の代謝に作用する）の濃度が高まることによって海馬が縮小した、というものである。

Bremner ら (1997) は、帰還兵の知見がそれ以外の対象にも当てはまるのか否かを見ようとして、幼少時にひどい身体的または性的虐待を受けた患者を対象に調べたところ、同じ型を示す記憶の欠陥と海馬の体積減少を見出した。海馬の萎縮は左側の方が顕著で12%の減少を示した。幼少時にひどい身体的または性的虐待を経験し、PTSD のある男女17人の成人海馬の大きさを MRI で測定して、年齢、性、利き手、人種、教育年数、アルコール乱用などを考慮した個別に適合させた健全な対象17人と比較した。虐待を受けた PTSD 患者は左側海馬に12%の体積減少があり統計的に有意な差があったが、右側海馬体積の3.8%減少は有意でなかった。この研究で側頭葉、尾状核、扁桃体の体積は比較群との間に差はなかった。

Stein ら (1997) は、左側海馬体積を、性虐待を受けた女性21人について虐待を受けていない女性21人と比較をした。その結果、被虐待群は海馬だけに統計的に有意な5%減少を示し、体積減少は短期記憶障害の程度と相関があった。DeBellis らによると、性的な虐待を受けた女性は、注意、記憶、精神集中などの問題と共に、コルチコステロイド（脊椎動物の副腎皮質から分泌されるステロイドホルモンの総称）および甲状腺の機能を中心とした神経内分泌系の障害を起こしている（van der Kolk ら、1996より引用）。このように、慢性的な PTSD の状態にある患者で海馬体積の減少が確かめられているが、このことが行動異常の一部を説明しているのかもしれない。動物の場合には海馬機能の弱体化が行動上の抑制につながる。つまり海馬の

記憶容量が少なくなると、入力刺激に対して認知・記憶の容量に余裕がないために緊急反応を要するものと短絡的に解釈し、「闘争か 逃走か」、あるいは「戦うか 逃げるか」という極端な反応になりやすいと考えられている。

2) ストレスによる海馬の萎縮

Uno ら (1989) は、ケニヤ霊長類研究所で偶然におきた重度な社会的なストレス〔農作物被害のため捕獲して、霊長類研究所に送った当初健康であったのに死んだサルに、傷や他のサルの犬歯による刺し傷が無数にあった。しかし死ぬ頃には傷はほとんど治癒していたので噛み傷が死因ではないと考えられ、また死亡したサルにはすべて胃潰瘍や分泌亢進のため肥大した副腎、腸炎、免疫不全という典型的なストレスの影響が見られたことから、これらのサルたちは重度な社会的ストレスによって死んだ階層的に下位のサルであったと結論づけた〕によって死亡した下位（階級）のミドリザルの海馬を調べた。海馬 CA3 (Cornu Ammonis 3) 領域の垂体細胞に、安楽死させたものと比べて顕著な萎縮と細胞数の減少がみられ、CA1 と CA2 領域にも萎縮が見られたものの CA3 程ではなく、歯状回には異常がなかったことを報告している。Watanabe (1992) は、ラットに21日間の拘束ストレスを与えたところ、海馬 CA3 で樹状突起が減少し、その結果海馬が萎縮したことを確認している（神庭ら、2002より引用）。CA3における樹状突起の萎縮は、短期記憶能力と関連することが確かめられており、人の PTSD と共通していることも興味深い。またグルタミン酸受容体の一つである NMDA 受容体を遮断すると、ストレスによる海馬 CA3 領域の萎縮を抑制し、このことからグルコルチコイドがカルシウムイオンの流入を介して神経細胞死を引き起こす。このように、心理社会的ストレスが主に CA3 領域の垂体細胞に影響を与えることによって海馬が萎縮するのである。

Ishida ら (1997) によると、トリメチルスズを用いた海馬障害ラットは2相性の過程をとり、第1相は歯状回顆粒細胞の障害に代表される一過性の変化であり、興奮性の亢進、行動異常、免疫-内分泌異常などを引き起こし、第2相は垂体細胞障害に代表される長期にわたって進行しつづける不可逆的過程であり、記憶障害に関与している、という。血中のコルチコステロン・コルチゾール値が上昇すると海馬の錐体細胞は変性を起こして死滅する。特に CA3 の領域において著しい。逆に副腎機能が傷害を受け、コルチコステロン・コルチゾール値が低値を示すような状況になると、海馬では歯状回の顆粒細胞が障害を受ける。グルコルチコイドは歯状回の顆粒細胞の生存に重要なステロイドなのである。

3. 海馬の構造と機能

1) 海馬の構造

海馬は大腦側頭葉の中に埋もれている大腦皮質の一部である。運動・感覚・高等な精神活動をつかさどる大腦新皮質に対して古い皮質であり、大腦原皮質とも呼ばれる。左右半球に一つずつあり、弓なりの円形をしている。Fig. 2はラットの海馬であるが、横線は顆粒細胞層を示し、点は錐体細胞層を示している。大腦新皮質は6層構造であるが海馬は単純であり、顆粒細胞と錐体細胞の2つの細胞層からなっている。顆粒細胞層は海馬の入り口である歯状回と呼ばれる部分にあり、顆粒細胞が密に並んでいて、様々な知覚情報を受け取る細胞層である。海馬には大腦皮質から様々な知覚情報が嗅内野を経て海馬にやってくるが、その入力信号はこの顆粒細胞の樹状突起で受け取られ、細胞体から軸索を通して錐体細胞 CA 3にある錐体細胞樹状突起に伝えられ CA 1に向かう。この歯状回にある顆粒細胞は発生してから変化せず、かなり長い間未熟なままであるが、この過程で何が起きているのかわかっていない。

外界から入ってきた感覚情報を記録する回路の構成や情報の流れ方が、近年次第に明らかになってきた。Fig. 3は、感覚器官から海馬へ、そして周辺領域の情報伝達の経路を示す、いわゆるパベッツの回路である。視覚・聴覚など各感覚器官からの知覚情報は、大腦皮質感覚連合野で分析され、海馬から扁桃核や帯状回を結ぶ情報伝達経路を示している。

2) 海馬の機能

海馬損傷による記憶障害のよく知られた代表的な症例として、HM の症例があげられる。この HM の記憶障害はモントリオール神経学研究所のミルナーによって詳しく調べられた。9歳時に自転車による衝突事故で重症のテンカン発作が始まり、27歳時に海馬を含む左右側頭葉の一部（海馬の前2/3・扁桃核・海馬傍回）を除去した。テンカン発作はおさまリ、知能指数に特別な影響はなかったが、重症の記憶障害が起こった。10才から20才代前半の記憶は良いのに、手術前3年間の部分的な記憶障害が見られた。古い記憶が失なわれていないということは記憶が海馬体に貯蔵されるのではないことを意味する。手術直前数ヶ月の記憶はほぼ完全に失われていたことから、これは新しい記憶が海馬体内にしばらく留まった後、長期記憶として次第に他の部位に転送されて貯蔵されるのであろう。重症なのは術後の記憶であり、手術後のことをほとんど覚えてはいなかった（前向性健忘）。医師や看護師の顔も覚えられず、手術後引っ越した家の場所も覚えられなかった。だが非常に短い短期記憶の能力は保たれ、幾つかの数字を数分間覚えることは可能であったが、注意をそらすと忘れてしまった。このことは、海馬が過去の記憶を貯蔵する部位ではないけれども、記憶の形成過程に重要な働きをしていることを示している。サルでは記憶が海馬体内に止まる期間は約1ヶ月間、ラットでは2週間程

度である。

学習・記憶過程において重要なことが、この海馬神経回路を一周する間に起こっていると考えられるが、前述のように学習・記憶の過程で海馬の神経回路網の内に何が起きているのかは正確にはわかっていない。海馬ニューロンの性質を調べる電気生理学的実験では、ある種の刺激（高頻度刺激）を与えると、その刺激を受けたニューロンは準備電位となるシナプス電位をある期間生じて発火しやすいように備えている。この現象を長期増強（LTP :long term potentiation）とよぶ。知覚情報が入ってくるとニューロンとニューロンを結ぶシナプス部位に機能的・構造的な変化が生じて、知覚刺激がなくなった後も神経回路網にその変化が残ると考えられている。外界からの知覚刺激によってシナプスに変化が起き、その変化が残ることを「シナプスの可塑性」と呼ぶ。ニューロンレベルの電気生理学的な現象は実際の学習・記憶とどのように結びついているかについては不明な点も多いが、現在の研究者の多くは、電気生理学的な現象も含めて、ニューロン水準での可塑性が基になって学習・記憶が成立していると考えている。

4. 大脳におけるニューロン新生

1) マウスの海馬におけるニューロン新生

従来、成熟した脳においてニューロンが新生することはないと考えられ、この神経の基本単位であるニューロンについて次のように考えられてきた。①脊椎動物の脳のニューロンは胎生期に新生する。②将来ニューロンになる細胞（神経幹細胞）が分裂・増殖した後新しいニューロンが分化・発生する。③成体の脳ではニューロンの新生は起こらない。④病気や損傷によって失われたニューロンは再生されない。⑤学習過程でニューロンが新生することなく、すでに存在しているニューロンどうしのシナプス結合部分に変化が生じる。これが1990年代半ば以前の神経生理学の常識であった。これは19世紀末にノーベル賞を受賞した神経解剖学の権威であるラモニ・カハールが、「発達過程の脳神経細胞の標本を観察しても新たに分裂して出来た細胞は見当たらなかった」と報告したことをほとんどの人が信じてきた。しかし Altman & Das (1965) は成熟ラットの海馬でニューロンが新生し、新生部位は海馬の歯状回であることを報告していた。だが多くの研究者は、成熟した哺乳類でも神経が再生することに関心を示さなかった。そして一世紀もの長いあいだカハールの見解が信じられ、定説とされてきたのである。しかし21世紀直前、ゲージ達のグループは、マウス成体脳の歯状回でニューロン（顆粒細胞）が新生していることを見つけた。

Kempermannら（1997）は、成熟マウスの生活改善をすると、しないマウスより60%も多くの顆粒細胞を海馬のCA3の前に位置する歯状回に生み出すことを明らかにした。この効果

は若年マウスには及ばないけれども、老齢マウスでもニューロン新生が促進され、学習能力が向上することを明らかにした。現在知られているこの限られた脳の部分は、嗅覚に関係する嗅球と、学習・記憶の成立に密接に関連している海馬である。前述のように被虐待児の海馬には萎縮がみられたけれども（Bremnerら、1997）、この増殖している顆粒細胞は、この海馬の錐体細胞 CA3 の樹状突起とつながる部分なのである。

新生ニューロンはある期間未熟な状態にある。成体海馬はどのようにしてこの新生ニューロンを神経回路に組み込んでいくのであろうか。ケンベルマンとゲージ（1999）は次のように言っている。歯状回は右横倒しの V 字形になっており、V の間の部分は終板と呼ばれ、細胞体から伸びた長い軸索からなり、CA3 と呼ばれる海馬の中継基地に信号を送る部分である（Fig. 4）。顆粒細胞を生み出す幹細胞は歯状回と終板の境界に存在し、絶えず分裂している。分裂した子や孫細胞の多くは親細胞と瓜二つであり、かなりの数が生まれた後ですぐ死ぬ。新生顆粒細胞は生後20日ほど未熟な状態にあり、いくつかは顆粒細胞層に移動して周囲の顆粒細胞と同じ形になりシグナルの受け渡しをする多数の突起を出し、その後成熟した顆粒細胞になる。シナプスが結合する棘（スパイン）が多い成熟した顆粒細胞の形とは大きく異なり、発達中のこの樹状突起の顆粒細胞には棘はあまり見られず、細長い、あるいは扇形突起が樹状突起から数多く出ている。不規則な形の突起は成熟した顆粒細胞には見られない。よく動く周りの神経組織と接触しながら何らかのコミュニケーションをしているものと思われる。この未熟期間に、シナプスをつくる部位や神経回路をどのようにすればよいかなど、試行錯誤をしながら折り合いの良い有効な場所を探しているものと考えられている。

ケンベルマンとゲージ（1999）は、乳離れしたばかりのマウス（21日齢）を約40-70日間飼育したところ、通常の飼育箱で育てたマウスよりも、ランニングホイールやチューブ（輪回り）による遊びができる飼育箱（豊かな環境）で飼育した方が新生したニューロンの数が多かった。ニューロン新生は、増殖率とその後の生存率で決まる。この「豊かな環境」条件を取り入れた実験の場合、通常の条件と比べてニューロン増殖率の変化はなかったが、ニューロンの生存率が上昇していた。増殖した未熟なニューロンが「豊環境」では成熟する率が高かったのである。彼らは次の実験を試みた。飼育箱の大きさは同じだが、マウス（3ヶ月齢）をランニングホイール運動のできる群とできない群に分けて約10-40日間飼育し、ニューロンの新生率を比べた。その結果、自発的な運動が可能なランニングホイールのある飼育箱で育てたマウスは、ニューロンの新生率が増加した。この場合、豊かな生活において幹細胞の分裂が促進されたから増えたわけではない。環境の刺激が幹細胞の分裂で生じた子や孫の寿命を延ばし、ニューロンになる細胞が増加したのである。

Gould, E. A. B ら（1999）は、豊かな生活環境がなくても学習課題をさせれば幹細胞分裂で生み出されるニューロンの寿命が延び、その結果新生ニューロンの数が増加すると言っている。

る。標準的な飼育ケースにランニングホイールを入れたマウスの場合、入れない場合と比べて2倍のニューロンが新生した。

ケンペルマンとゲージ（1999）は、成熟動物の神経新生を制御している過程は複雑であり、何段階にも制御が働いていると考えている。豊かな環境が新生ニューロンの数を増加させ、脳の発達を促しており、自発的な運動はニューロンの新生率を増加させるけれども、強要された運動では効果がないことを見出した。だが彼らはこれは決定的な証拠にはならず、現時点ではあくまでも環境や自発的な運動とニューロン新生との間に何らかの関係があることを示唆するものである、としている。

2) ヒトの脳におけるニューロンの新生

21世紀直前、成人の脳でニューロンの新生が見出された。これはヒトでは初めてのことであり、この脳の新生部分は嗅覚に関係する嗅球と、学習・記憶の成立と密接に関連している海馬である。海馬では大人になってもニューロン新生があり、「認知や記憶で重要な役割を果たしている海馬のニューロンが日常的に新生している」という発見を Eriksson ら（1998）が発表した。

Gross（2000）は「ヒトの脳のニューロンは新生しない」というドグマは崩れ去った、と宣言したが、生後新たに形成される神経回路は我々の行動を決定する上で極めて重要であり、ニューロンの新生に伴う神経回路形成は特別の意味を持っていると考えられている。しかしヒトではこのような実験はできない。

エリクソンはゲージ達との研究を終えた後、スウェーデンに帰国したのだが、動物実験で分裂細胞のマーカーに用いていた BrdU（ブロモデオキシウリジン）が意外にも舌癌や咽頭癌末期患者の癌細胞増殖率を調べるために使用されていた。Eriksson ら（1998）は、ニューロンの新生を確かめるには、実験的に BrdU とポリシアル酸の2つの細胞増殖マーカーとして新生ニューロンが成体の海馬組織に新しい神経回路を付け加えていく様子がわかるので、これを投与する必要がある。あらかじめ患者に書面で了解を得ておき、患者の死後、BrdU を使い、海馬を染色して脳を調べたところ、5人のどの患者の脳にもマウスと同じように海馬に新生ニューロンが見つかった。これは歯状回にある顆粒細胞層の内側であり、垂体細胞ではなかった。成体脳のニューロン新生はマウスだけでなくヒトでも見られたので（ヒトを対象にした現時点で唯一の研究）、哺乳類では一般的現象と認められるようになった。

5. 新しい皮質と古い皮質

1) 新皮質と大脳辺縁系

ヒトの脳の機能的特徴は高度な思考能力にあり、大脳新皮質の中でも新しい新・新皮質といわれる前頭葉にある。ヒトを除く霊長類ではこの部位の発達が非常に乏しく、逆に人間では最も発達していることから、これが思考に重要な領域であると考えられている。伊藤（2003 a）は、この新・新皮質をコンピューターで言えば CPU（Central Processing Unite）にあたるが CPU だけでは何も出来ず、それを動かすための装置が必要である、と言う。Fig. 5 に脳の多様な機能を示しているが、この新・新皮質の思考機能を積極的に動かす装置として古い皮質がある。これは新皮質の前頭連合野をはじめすべての感覚連合野と相互に密接な線維連絡がある。

古い皮質（大脳辺縁系等）は生後早い段階で刷り込み（Inprinting）がなされ、この記憶をもとに感覚器官から入力した情報の検索をし価値判断（生存のための）を粗くはあるがすばやく行うことで、古い皮質は新しい皮質を補助システムとして用いている。そして古い皮質の目的とする欲求充足に向けて行動を選択し、行動スケジュールを組み立て実行に移す。古い皮質は最初の手がかり情報になる答えを新・新皮質の連合野から選んで用いる。言い換えると、新・新皮質が時間をかけてこまめに情報処理をしようとしている目標は、古い皮質が大脳新皮質に課題として与えたものなのである。この場合、入力情報はその意味を古い皮質で捉えるので、古い皮質は欲求を充足するために新・新皮質から入力される学習・記憶情報を評価して取り入れ、古い皮質の枠組みに合わない材料は捨てられる。新・新皮質はまさに“ブレーン”であり、大脳辺縁系は執行部なのである。

伊藤（2003a）は Fig. 5 に脳の機能を示し、「重要な機能を果しているのは右上の辺縁系の中にある海馬、扁桃体、帯状回である」と言い、中でも「海馬は認知・記憶をつかさどる大事なメカニズムであって、海馬は CPU が考えたことを記憶装置としてバックアップしているであろう」という。動物は種毎にそれなりに多様な器官の助けを借りて、外の世界を、知って『認知・記憶：海馬』、わかって『価値評価・情動：扁桃体』、行動に移す『動機づけ・実行：帯状回』ことによって機能を遂行し、適応・生存している。海馬はこの世界を認知し記憶して内面世界を成立させる重要な働きを持っている。この海馬に萎縮や細胞死が生じれば歪が生じ（心理的な解離性同一性障害など）、意図したことと行動の間にズレが生じたり、快・不快や価値判断をする扁桃体の機能、そして具体的な動機づけや行動にかかわる帯状回の神経系も行動が効果的であれば機能が強化されるが、しかしひずみのためにうまくいかぬと弱体化する。

- * 解剖学的部位は、海馬や扁桃体…などに分け（さらに細かく分けられて）、それぞれに名前がつけられている。そして脳の働きと脳の部位とを結びつけて説明されることが多いけれども、脳は全体として繋がっており、他の部分が無関係であるということではない。

2) 大脳辺縁系の機能について

Spiegel (1993) は「苦痛を言葉で表現できるようになることが免疫機能に対してプラスの影響を与えるけれども、人間不信を拭えない身体化障害のある心的外傷体験を受けた患者には、この方法だけでは難しい」と言う。そこで辺縁系に働きかけるには、進化的に見て辺縁系が哺乳類動物の段階にある脳であることから、言葉よりも行動を主体に進めることになる。ヒトの大脳新皮質は他の動物と比べてはるかに大きいけれど、古皮質や旧皮質の大きさは近縁の動物のそれと比べて大きな差はない。次に海馬、扁桃体そして帯状回の機能を問題にする。

(1) 海馬の機能について

海馬は、認知・記憶において重要な役割を果たしているが、前述のように過去の記憶を貯蔵する部位ではなく、記憶の成立過程で重要な働きをしているものと考えられている。サルの場合記憶が海馬体内に留まる期間は約1ヶ月程度、ラットでは2週間ほどであるが、前述したヒト(HM)の場合、手術前3年間の部分的な記憶障害が見られていることから、ヒトの場合2～3年はかかるのであろう。この時間は何を意味しているのかが問題であるが、安定した長期記憶情報にするため、すでに長期記憶の中にある情報との整合性をはかたり、類似の情報と結び付けることなど、重要なコード化への変換作業が行われているのであろうと考えられている。(伊藤2003b)

海馬ニューロンの側から見た場合、細胞死があったとしても樹状突起は多くのニューロンと結合しており、ニューロンのネットワークが密になれば、細胞死の影響はある程度補うことが出来る。そして、前述のように Kempermann ら (1997) はマウスで、Eriksson ら (1998) はヒトで、幹細胞分裂で生み出された子孫細胞のうちある海馬ニューロンの寿命が延び、海馬のニューロンで新生を発見したことから、新生ニューロンの数が海馬で増加していると言う。久保田 (2002) は「運動をしたマウスは学習や記憶能力が伸びており」、「ヒトでもジョギングが脳の働きに影響している」と言う。また「ランニングホイールで走らせたマウスと走らせなかったマウスを対象に、モリスの水迷路で記憶能力を見たところ、走らせたマウスの成績が良く、海馬の細胞の数や大きさにも変化があった。そして海馬のある部分の切片における神経細胞の数を数えたところ、3746個と1409個の差があり、運動群に成長傾向が見られた」と言う。ランニングホイール運動とニューロン新生の因果関係についてどう説明するか、また走ることにニューロン新生のために効率的な活動や、好ましい環境はどのようなものか(緊急反応期においてストレスは個体に望ましい自律神経系、内分泌系、および行動系の変化を起こすが、繰り返されたり、程度が過度であったり、個体側に脆弱性が存在すると不利益をもたらすことになる)、これからの課題である。しかし何よりも神経細胞が子供のみならず成人(57-72歳: 5人)の海馬においても、歯状回の顆粒細胞層で新生(率は落ちるが)しているということは、人間の脳が人生を通して常に可能性を持ち続けていることを意味し、大脳生理学のみならず心

理学や教育学の方面においても大きな意味を持つことになる（大脳新皮質におけるニューロン新生は前頭葉と側頭葉においても話題になったことはあるが、まだ確認されていない）。

（２）扁桃体の機能について

大脳辺縁系は情動脳と言われるように海馬も情動にかかわる記憶が多い。しかし扁桃体は情動の中核とも言われ、対人的な関心や愛着行動、満足感などの機能にも関係している。状況に積極的な意味があるととらえれば感情（扁桃体）はA10神経によって連絡しており前頭葉に神経伝達物質であるドーパミンが放出されて「快」を感じる（快は動物の行動を方向づける）。扁桃体は価値判断の機能を持ち、行動選択を決定する機能があると考えられている。目の前に現れたものが敵か味方か？ 敵ならば逃げるか、戦うか？ 判断をする。生体は快・不快にもとづいて行動を判断する。

Field, T.M. ら（1982）によると、生後36時間以内の新生児でも、母親が喜び、悲しみ、驚きの表情を示すと表情を識別して模倣（学習）をする。高田（2002）によると、嫌悪を表した顔を見せると扁桃の血流が盛んになり、笑い顔を見せると少なくなる。これは自ら楽しい顔をした時にも見られ、鏡を見て笑顔をすれば扁桃の血流が少なくなり、怖い顔、嫌悪を示す顔を写すと血流が多くなる。

子供は虐待を受けると親に対する憎しみを抑圧し、あるいは解離を強固にして、親がひどいことをするのは親が悪いのではなく自身が悪かったのだという自責の念にかえ、親に対していい子になろうとする。小さい子供の注意関心は親に向かい、虐待を受けながらも他者への関心が開かれず、貧しい狭い環境にとらわれ、自我の発達に遅滞を生じる。虐待する側は「あんたが悪いから」「あんたのために」と、虐待をしつけや体罰という口実で正当化し、暴力を振るい、その一方で「このことは誰にも言うな」と脅しや無言の圧力をかける。このような仕打ちをうけて子供は理由がわからないまま罪障感だけを抱くことになる。田中（2001）は「親の仕打ちが不当な暴力・暴言であったために、私は虐待されたのだと自覚し、誰かに自己開示できるようになるためには大変な勇気とエネルギーが必要であるが、過酷な虐待的環境を生き抜いた自分に気づき、そのような自分を愛しく誇らしく感じられるようになること、それが回復のひとつの目標である」と言う。

このことから、怒りは怒りとして感じる力を養うために、怒りを表出するための訓練をすることも必要である。粘土を丸め、怒りを込め、大きな声を発しながら、全力で壁に投げつける。過去の記憶が紡がれ、それに伴う怒りや悲しみの感情が生じる。この感情の表出を、これでのいのだと他者との共感によって自身を受け入れさせ、客観化させることにより、洞察が生じ自信がついて、自分自身を対象化させるということを意図している。

（３）帯状回の機能について

海馬や扁桃体からの情報は帯状回に行き、帯状皮質運動野から一次運動野へ送られる。帯状

回は自発的・積極的行動にかかわる動機づけの機能に関して重要な部位であると考えられている。帯状皮質運動野は大脳辺縁系と運動系の接点に位置することが知られており、このことから帯状皮質運動野は内的欲求に基づいた自発性の行動発現に関与することが推測されている。指示にしたがって命ぜられるままに選択を行うというよりも、自己の決定に基づいて自ら選択するときに帯状皮質運動野は活動が高まると考えられている。そして意欲と密接な関係にあり、帯状回が機能しないと意欲喪失となる。

仲間との信頼感の形成によって行動意欲を養う例として「ロープ」課題があげられる（日本放送協会放映、「私の中の他人」より）。身体をロープで結び、地上3メートル程の高さに登り、水平につるされている丸太に立つ。仲間達は滑車を介してロープの他方をしっかりとにぎり、下から大きな声で飛び降りるように呼びかける。仲間に対する信頼がなければこわくて飛び降りることは出来ない状況である。呼びかけに応じて思い切って飛び降りる。仲間は地面に軟着陸できるようにロープで支える。親とは心が通じないけれど、仲間の期待に沿い、仲間を信頼し、支えられて飛び降りる決断をし、実行する。そして周りから讃えられ、抱き合って喜ぶことにより、人に対する信頼感を自からの行動で得させようとする課題である。親との新しい関係が成立するとすればこの後になるであろう。

6. おわりに

さいごに養育する側についてふれる。1990年代に入って、今まで見かけることの少なかった幼児虐待の記事がある新聞に「親達の家庭内暴力」という見出しで連載された。その後マスコミで次々に取り上げられるようになり、「自身も虐待をしてしまうのではないか」という不安が切実な問題となり、児童相談所に相談にいく母親の件数が増えてきた。

20世紀なかば、エソロジーを体系化したローレンツは、動物には生得的に種を維持する働きがあり、種内での殺し合いはしない、と言った。個は種に従属しており、動物の世界は種を維持するためにうまく出来ているものと思われていた。しかしドーキンス（1991）は「ハヌマンラングールというサルツガイと子供がいるところに、新たな雄ザルが割り込んで雄ザル同士が戦い、ツガイの雄ザルを追い出す。新たな雄ザルは、雌ザルに子供がいると雌は交尾をしないので子供を殺してしまう。雌ザルは最後まで戦わず、子供が死んでしまうと新たな雄との間で交尾をし、新たな子供を産む。このようなことは種によって雌にもみられ、動物の世界がローレンツの言うように美しい世界ではなく、雄も雌もそれぞれの個体が自分の遺伝子を残すことだけを考えており、オスもメスもそれぞれが自分の適応度（フィットネス）を高めようと、自分の遺伝子を残すことだけを考えているのだという。動物が利己的なのは遺伝子が利己的だからであり、これは利己的な遺伝子が利己的でない遺伝子を淘汰して駆逐した結果である」と

いう。ドウモース（1982）によると、子供への虐待は今に始まったことではなく、子供期の歴史はゾッとするような物語であり、西洋の親が子供に共感しながら世話をすることができる水準に進化するまでには長い時間がかかった。それまで親は子供を自分の感情や不安のはけ口として利用していたのだ、という。

しかし前頭葉の発達したヒトの場合、他の動物とは異なって自分との血縁は無くとも子供を育てたい、自分の存在とか名とかいうもの、あるいは意義のあることをしたのだ、という美学のようなものを残したいという傾向があり、ドーキンス（1992）はこれをジーン（遺伝子）の話ではなくミーム（文化子あるいは模倣子）の話である、と言う。これは愚かに利己的になるのではなく賢く利己的になることであり、子供を含む社会に対して利己的になるのではなく、自己に対する文字どおりの「利己的」な振舞い、あるいは合理的な振舞いをするのである。

エリクソンによると、人生には8つの大きな心理社会的な危機がある。乳児から幼児にかけて遭遇する危機は「信頼対不信」、「自律性対恥疑感」、そして「自発性対罪悪感」である。最初の「信頼対不信」について鍾（1986）は『我々が生きるか死ぬかのぎりぎりの線で悩むとき、心のもっとも深いところで自己を信頼できるか、自分を取り巻く人々や社会を信じられるかによって、私達は生きるか死ぬかを決めるように思う。この心のもっとも深いところで自己を肯定し、自分を取り巻く世界を肯定することを「信頼」という。この心のもっとも深いところに「不信感」がある時、周囲は悪意に満ちて見え、それに対して防衛する猜疑的な態度で生きていくしかなくなるし、孤立感と孤独感のために生きていくことに耐えられなくなるかもしれない。乳児は外界や自己への信頼を、摂食時のくつろぎ、睡眠の深さ、便通のよさに伴う快の刺激を、母なる人物を通して得ていく。これらを通して母親との関係は母親の姿が見えなくともやたら心配しないで母親の不在を受け入れられるようになる。これは母親が予測できる信頼のある外的存在になったばかりでなく、内的に心の中に確実性をもつ存在になったことを意味する』という。しかし最初の発達課題であるこの基本的信頼の欠如の状態として、鍾（1986）は「分裂病の人や抑うつ状態に陥りやすい型の成人の中にも不信感が見出せ、これらの病理的状态からの回復や治療に当たるには、人や世界に対する信頼感を再確立させることがその基本的な必要条件である」という。

「自発性対恥・疑感」、「勤勉性対劣等感」そして「自我同一性対同一性拡散」の危機から、自己を失う危機にさらされても自己を失わず、他者との親密な関係を形成する能力にかかわる「親密性対孤独」の危機に遭遇する。この時期、性的な関係が心理的な内実を伴って実現する時期であり、そして親の親密性への課題が達成されていると親は「世代性対停滞」の課題へと進み、子供も「信頼対不信」の危機を克服しやすいが、今までの課題が達成されておらず、両親の間に親密性の課題が達成できなければ破綻し離婚にいたるケースも生じ、子供の信頼性獲得も厳しいものになる。

海馬・扁桃体・帯状回などの脳構造は胎児期の早い段階で形成されるけれども、この構造は初めから機能しているのではなく、上記のように母子関係を中心にした家族の相互作用の中で機能が開発され、豊かになってくる。母親が発達初期の子供にかかわることは、海馬・扁桃体・帯状回等への刷り込み、あるいは初期学習にかかわることである。従来、遺伝か環境か？ 発達か学習か？ と二分法的に割り切られることが多かったが、学習というのは遺伝子のプログラムの中にあるひとつの指示であり、どのような時にどのようなことを手本にせよと、学習そのものが遺伝的にプログラムされているのであり、この場合手本がなければ学習ができない。子育てにより手厚い施策が望まれる。

文献

- Altman, J. & Das, G.D. 1965 Autogradiographic and histological evidence of post natal hippocampal neurogenesis in rats. *Journal comparative neurology*, 124, 319-336.
- Bremner, J.D., Randall, P., Scott, T.M., et al. 1995 MRI-based measures of hippocampal volume in patients with PTSD. *American journal of psychiatry*. 147, 10, 1308-1312.
- Bremner, J.D., Randall, P., Vermetten, 1997 MRI-based measurement of hippocampal volume in posttraumatic stress disorder related to childhood physical and sexual abuse; A preliminary report. *Biological psychiatry*, 41, 23-32.
- Bremner, J.D. 1999 Does stress damage the brain? *Biological psychiatry*, 45, 797-805.
- ブルーム 他（梶田毅一他訳）1973 教育評価ハンドブック 第一法規
- ドーキンス（日高敏隆他訳）1991 利己的な遺伝子 紀伊國屋書店
- エリクソン（小此木啓吾訳）1959 自我同一性 誠信書房
- Eriksson, P.S., Perfilieva, E., Bjork-Eriksson, T., 他 1998 Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature medicine*, 4, 1313-1317.
- Field, T.M., Woodson, R., Greenberg, R., Cohen, D. 1982 Discrimination and imitation of facial expressions by neonates. *Science*, 218, 179.
- ドゥモース, L. (著) 宮澤康人 (訳) 1982 親子関係の進化 海鳴社
- Gulvitz, T.G., Shenton, M.R., Hokama, H. et al. 1996 Magnetic resonance imaging study of hippocampal volume in chronic combat-related posttraumatic stress disorder. *Biological psychiatry*, 40, 192-199.
- Gould, E.A.B., & Tanapat, P. 1999 Stress and hippocampal neurogenesis. *Biological psychiatry*, 46, 1472-1479.
- Gould, E.A.B., Tanapat, P., Reeves, A., & Shors, T.J. 1999 Learning enhances adult neurogenesis in the hippocampal formation. *Nature review neuroscience*. 2, 260-265.
- Gross, C.G. 2000 Neurogenesis in the adult human brain: death of dogma. *Nature review neuroscience*. 1,

67-73

- Herman, J.L., Perry, J.C., & van der Kolk, B.A. 1989 Childhood trauma in borderline personality disorder. *American journal of psychiatry*, 146, 490-495.
- 日高敏隆 1992 エソロジーと現代 教育心理学年報 32, 21-25.
- Ishida, N., Akaike, M., Thutsumi, S., et al. 1997 Trimethyltin syndrome as a hippocampal degeneration model: temporal changes and neurochemical features of seizure susceptibility and learning impairment. *Neuroscience*, 81, 1183-1191.
- 石龍徳 1999 成体海馬で起こる神経細胞の新生と神経回路形成 解剖学雑誌 74, 335-349.
- 伊藤正男 2003a 心とは—脳科学からのアプローチ 日立ハイテクノロジー基調講演
- 伊藤正男 2003b 脳神経科学 三輪書店
- 柏原恵龍 1987 精神作業時頭皮上アルファ帯域成分電位分布のパターン分類 脳波と筋電図 15, 318-324.
- 神庭重信、金重紅美子、平野雅巳、工藤耕太郎 2002 心とその病理の構造 (松本元・小野武年編 情と意の脳科学) 培風館
- 木下清一郎 1996 心は遺伝子をこえるか 東京大学出版会
- 久保田競 2002 ランニングで頭がよくなる KKベストセラーズ
- ケンペルマン、G. & ゲージ、F.H. 1999 大人でも脳細胞は新生する (井原康夫訳) 日経サイエンス 29, 36 - 42.
- Kempermann, G., Kuhn, H.G., & Gage, F.H. 1997 More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature*, 386, 493-495.
- 松本芳枝 2003 被虐待体験を持つ非行少年のカウンセリング事例から 日本学会会議心理学研究連絡委員会企画シンポジウム 日本教育心理学会第45回総会発表論文集 S 19
- Perfiliava, E., Bjork-Eriksson, T., Alborn, A., et al. 1998 Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature medicine*, 4, 1313-1317
- ルブラン, Y. & ザングウィル, O. (柏原恵龍・水谷宗行訳) 1986子どもの脳 ミネルヴァ書房
- Saxe, G., van der Kolk, B.A., Hall, K., et al. 1993 Dissociative disorders in psychiatric inpatients. *American journal of psychiatry*, 150, 7, 1037-1042.
- Spiegel, D. 1993 Dissociation and trauma. In M.D. Lutherville (Eds.), *Dissociative disorders : A clinical review*. Baltimore : Sidran Press.
- 高田明和 2002 脳と心のなぞに挑む 講談社
- 鐘幹八郎 1986 エリクソン, E. H. ミネルヴァ書房
- 田中ひな子 2001 児童虐待による PTSD (加藤進昌・樋口輝彦編 人は傷つくとどうなるか) 日本評論社
- Uno, H., Tarara, R., & Else, J.G. 1989 Hippocampal damage associated with prolonged and fatal stress in primates. *Journal of neuroscience*, 9, 1705-1711.
- van Praag, H., Kempermann, G., & Gage, F.H. 1999 Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature neuroscience*, 2, 266-270.

van Praag, H., Christie, B.R., Sejnowski, T.J., & Gage, F.H. 1999 Running enhances neurogenesis, learning, and long-term potentiation in mice. PNAS 96, 13427-13431.

van der Kolk, B.A., McFarlane, A.C., & Weisaeth, L. 1996 Traumatic Stress: The effects of overwhelming experience on mind, body, and society. (西澤哲監訳 ト라우マティック・ストレス 誠信書房) The Guilford Press.

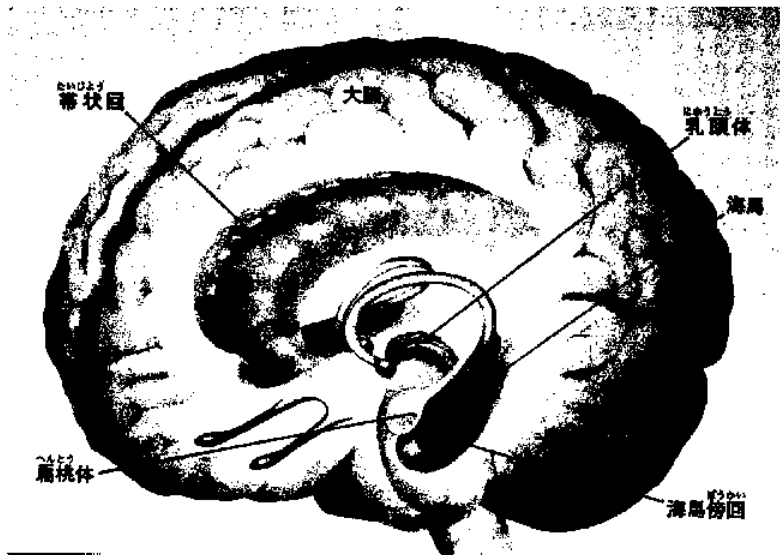


Fig. 1. 脳の左側面から見た海馬、扁桃体、帯状回の位置 (御子集、1996)

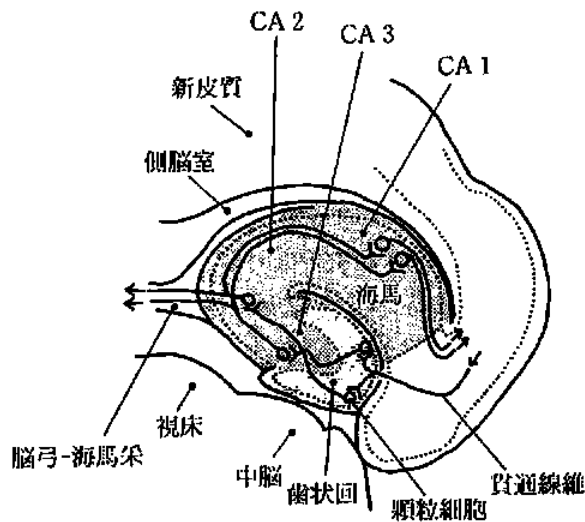


Fig. 2. ラットの海馬の横式的構造 (古川、1998)

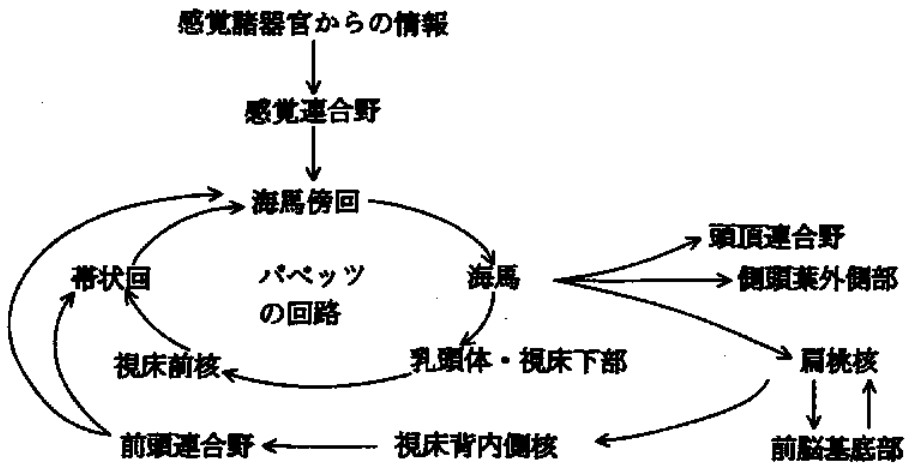


Fig. 3. 記憶をつかさどるパペッツの回路と周辺領域における情報伝達経路 (古川、1998)

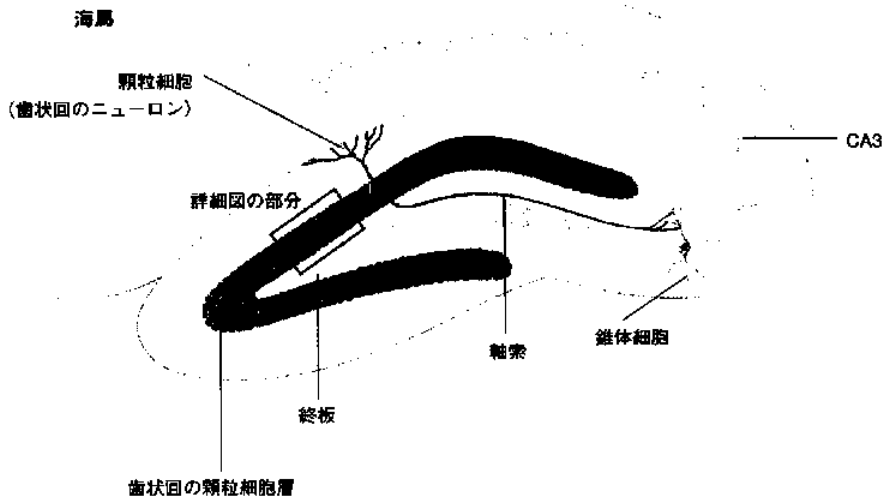


Fig. 4. 海馬における終板の位置 (ケンペルマンとゲージ、1999)

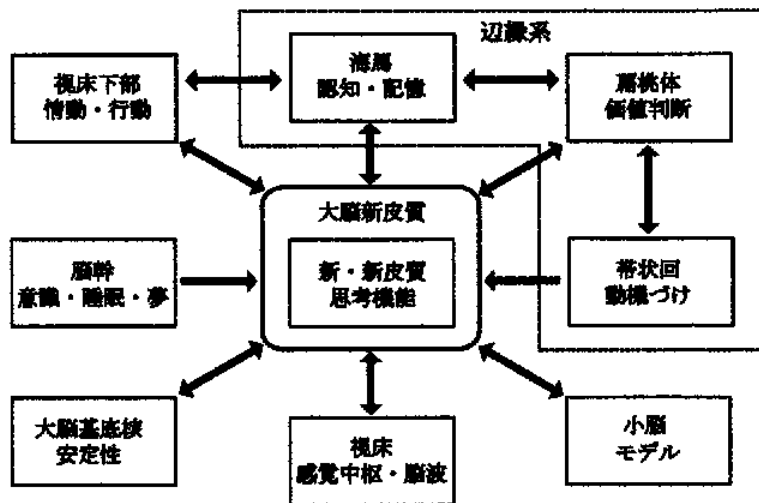


Fig. 5. 脳の機能と役割 (伊藤正男、2003)

(かしはら・えりゅう 外国語学部教授)